

**KEVÄTRUISVEHNÄ JA OHRA KOKOVILJASÄILÖREHUNA
LIHANAUTOJEN RUOKINNASSA**

Riitta Niskala
Maisterin tutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
Kotieläinten ravitsemustiede
Lokakuu 2019

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos Maataloustieteiden osasto
Tekijä Riitta Niskala		
Työn nimi Kevättruisvehnä ja ohra kokoviljasäilörehuna lihanautojen ruokinnassa		
Oppiaine Kotieläinten ravitsemustiede		
Työn laji Maisterintutkielma	Aika Lokakuu 2019	Sivumäärä 39 s.
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ohraa pidetään tällä hetkellä parhaana kokoviljasäilörehun raaka-aineena sen hyvän sulavuuden ansiosta. Kiinnostava vaihtoehto ohralle on kevätruisvehnä, jonka satotasot ovat aiemmissa tutkimuksissa olleet huomattavasti suurempia kuin ohran. Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää saavutetaanko ohra- ja kevätruisvehnäkokoviljasäilörehuilla liharotuisten sonnien ruokinnassa yhtä hyvät tuotantotulokset ja teurastili kuin nurmisäilörehuruokinnalla. Kokeessa oli viisi eri seosrehuruokintaa, joista kontrollina toimi nurmisäilörehuruokinta. Nurmisäilörehua korvattiin ohra- tai kevätruisvehnärehulla neljällä eri koeruokinnalla kahdella eri tasolla, joko 50 % tai 100 % karkearehun kuiva-aineen (ka) määrästä. Rehun syöntiä ja sonnien kasvua seurattiin kokeen aikana ja rehut analysoitiin laboratoriossa kokeen päätyttyä.</p> <p>Rehujen säilöntälaatu oli hyvä. Kokoviljojen ka-pitoisuus oli suurempi ja raakavalkuais- (RV) sekä NDF-pitoisuudet pienemmät kuin nurmirehun. Ohrasäilörehun tärkkelyspitoisuus (308 g/kg ka) oli suurempi kuin ruisvehnän (172 g/kg ka). Nurmirehun D-arvo (685 g/kg ka) ja muuntokelpoisen energian (ME) pitoisuus olivat suurempia kuin kokoviljojen. Ohrakokoviljan D-arvo (659 g/kg ka) oli taas suurempi kuin ruisvehnän (622 g/kg ka).</p> <p>Korvattaessa nurmirehua kevätruisvehnällä sonnien kuiva-ainesyönti ja tärkkelyksen saanti lisääntyivät ja RV:n saanti väheni suoraviivaisesti. Eläinten kasvunopeuteen ruokinnalla ei ollut vaikutusta, mutta nettokasvu hidastui suuntaa-antavasti ruisvehnärehun osuuden lisääntyessä. Rehun muuntosuhde (kg ka/kg elo- tai ruhopainon lisäystä) heikkeni ja RV:n parani suoraviivaisesti korvattaessa nurmea ruisvehnällä. Myös teurasprosentti ja ruhokohtainen teurastili pienenevät suoraviivaisesti korvattaessa nurmea kevätruisvehnärehulla. Kun nurmirehua korvattiin ohrakokoviljalla sonnien kuiva-ainesyönti, ME:n, OIV:n ja tärkkelyksen saanti sekä päiväkasvu lisääntyivät ja RV:n saanti väheni suoraviivaisesti. Kuiva-aineen ja RV:n muuntosuhteet, rasvaisuusasteet ja teurastili muuttuivat käyräviivaisesti ohrarehun osuuden lisääntyessä. Nurmi-ohraseoksen kuiva-aineen syönti kasvukiloa kohden oli muita ruokintoja suurempi. RV:n hyväksikäyttö oli ohruuokinnalla muita parempi. Rasvaisuusasteet olivat nurmiruokinnalla muita ruokintoja pienemmät ja teurastili nurmi-ohruuokinnalla muita pienempi.</p> <p>Ruisvehnän korvattaessa nurmirehua, syönti lisääntyi, mutta se ei vaikuttanut päiväkasvun nopeuteen. Teuras-% ja ruhokohtainen teurastili pienenevät, kuiva-aineen muuntosuhde heikkeni ja RV:n muuntosuhde parani. Heikkommat tulokset johtuivat pääosin ruisvehnän huonommasta sulavuudesta ja suuremmasta iNDF-pitoisuudesta verrattuna nurmirehuun.</p> <p>Kokeella osoitettiin, että nurmirehu voidaan korvata ohrakokoviljalla ilman tuotannon negatiivisia muutoksia ja kasvunopeutta saatiin siten jopa parannettua. Tämän saivat pääasiassa aikaan suurempi ME:n päiväkohtainen saanti. Korvattaessa puolet nurmesta ohralle teurastili pieneni heikkomman lihakuus- ja rasvaluokituksen vuoksi. Kuiva-aineen syönti teuraskiloon suhteutettuna oli suurempi kokoviljoja saaneilla sonneilla, mikä voi lisätä rehukustannuksia riippuen karkearehun tuotantokustannuksista.</p>		
Avainsanat Lihanauta, kokoviljasäilörehu, kevätruisvehnä, ohra, nurmirehu, kasvu		
Säilytyspaikka Maataloustieteiden osasto		
Muita tietoja Työtä ohjasivat yliopistonlehtori Seija Jaakkola ja tutkimusprofessori Arto Huuskonen		

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto Faculty of agriculture and forestry		Laitos Department of agricultural sciences
Tekijä Riitta Niskala		
Työn nimi Triticale and barley as whole crop silage for feeding beef cattle		
Oppiaine Animal nutrition		
Työn laji Master's thesis	Aika October 2019	Sivumäärä 39 p.
<p>Tiivistelmä</p> <p>Barley is considered as the best small grain cereal for whole crop silage due to its good digestibility. An interesting alternative for barley is triticale which has had significantly higher yield in prior studies compared to barley. This study was conducted to determine the effects of triticale and barley whole crop silages on performance and carcass traits of growing beef bulls compared to grass silage-based diet.</p> <p>Five different total mixed rations (TMR) were compared. Grass silage based TMR was the control. Grass silage was replaced with barley or triticale whole crop silage in four other TMRs on two different levels. Either 50% or 100% of the grass silage dry matter (DM) was replaced. Intake of TMRs and live weight gain of bulls were monitored through-out the experiment and the feeds were analysed in a laboratory at the end of the experiment.</p> <p>The fermentation quality of the silages was good. Dry matter concentration of whole crop silages were higher and crude protein as well as neutral detergent fibre concentrations were lower than in grass silage. Starch concentration (308 g/kg DM) of barley silage was higher than in triticale (172 g/kg DM). D-value (685 g/kg DM) and metabolizable energy content of grass silage was higher than those of the whole crop silages. Furthermore, in barley whole crop silage D-value (659 g/kg DM) was higher than in the triticale whole crop silage (622 g/kg DM).</p> <p>When replacing grass with triticale, DM as well as starch intakes were increased, and crude protein intake decreased linearly. The feeding had no effect on animals' growth rate, but carcass gain tended to decrease as the proportion of triticale in the diet increased. Feed conversion (kg DM/ kg live or carcass weight gain) was less efficient and crude protein conversion improved linearly when grass silage was replaced with triticale. Also, dressing proportion decreased linearly when replacing grass with triticale silage. When grass silage was replaced with barley silage the DM intake, ME, metabolizable protein and starch intake as well as live weight gain increased, and crude protein intake decreased linearly. Dry matter and crude protein conversion ratios and fat score changed curvilinearly as proportion of barley silage increased. Dry matter intake of the mixture of grass and barley silages per kilogram of growth was higher compared to other diets. Barley silage diet had better crude protein utilization than other diets. Fat scores were lower with grass silage compared to other silages.</p> <p>As triticale replaced grass, intake increased, but that did not affect the rate of live weight gain. Dressing proportion decreased, dry matter conversion rate declined, and crude protein conversion rate improved. The results can mainly be explained by lower digestibility and higher iNDF-concentration of triticale silage compared to grass silage.</p> <p>The experiment showed that grass silage can be replaced with barley whole crop silage without negative effects on production, and growth rate was even improved with barley silage. This was mainly due to higher daily ME intake. Dry matter intake per kg carcass weight gain was higher for bulls fed with whole crop silages. That can increase feed costs depending on the production costs of the roughage.</p>		
Avainsanat Beef bull, whole-crop silage, triticale, barley, grass, forage, live weight gain		
Säilytyspaikka Department of agricultural sciences		
Muita tietoja Supervisors: University Lecturer Seija Jaakkola and Research Professor Arto Huuskonen		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 RUISVEHNÄ REHUKASVINA.....	6
3 KOKOVILJASÄILÖREHU NAUTOJEN RUOKINNASSA.....	7
3.1 Kokoviljakasvuston sato ja ruokinnallinen laatu.....	8
3.2 Syönti, ravintoaineiden saanti ja sulavuus	12
3.3 Lisäkasvu ja rehun hyväksikäyttö	14
4 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA HYPOTEESEIT	15
5 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	16
5.1 Totutusjakso ja koeruokintajakso.....	16
5.2 Rehun syönnin seuranta ja elopainon seuranta	18
5.3 Rehuanalyysit	18
5.4 Teurastus	20
5.5 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi	20
6 TULOKSET.....	22
6.1 Viljelytiedot, rehujen ruokinnallinen laatu ja säilöntälaatu	22
6.2 Syönti, elopainon kehittyminen ja teurastulokset	24
7 TULOSTEN TARKASTELU	29
7.1. Viljelytiedot, rehujen ruokinnallinen laatu ja säilöntälaatu.....	29
7.2. Syönti, elopainon kehittyminen ja teurastulokset	32
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	35
Kiitokset	36
LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Kokoviljasäilörehua käytetään nautojen ruokinnassa korvaamaan osittain tai kokonaan perinteistä nurmisäilörehua. Kokoviljasäilörehu säilötään nurmisäilörehun tapaan käymiseen perustuvalla menetelmällä (Jaakkola ym. 2003). Rehu tiivistetään huolellisesti, jotta saadaan aikaan hapettomat olosuhteet ja pH lasketaan osaksi käymisen aikaansaaman happamuuden ja osaksi säilöntähapon avulla. Säilöntää helpottaa riittävä sokerin määrä rehussa, suhteellisen korkea kuiva-ainepitoisuus ja pieni puskurointikapasiteetti. Korkean kuiva-ainepitoisuuden vuoksi kokoviljasäilörehu on kuitenkin nurmea vaikeampi tiivistää ja jos tiivistäminen jää puutteelliseksi, hiivat ja homeet saavat helposti aikaan jälkipilaantumista siilon avaamisen jälkeen. Säilöntäaineet ja niiden annostus ovat kokoviljasäilörehuilla samat kuin nurmella. Säilöntäaine parantaa laatua erityisesti määrillä rehuilla.

Kokoviljasäilörehuissa voidaan käyttää myöhempiä lajikkeita, jolloin kasvukautta voidaan käyttää hyväksi tehokkaammin (Joki-Tokola 2003). Karjanlannan käyttö onnistuu paremmin, koska sitä voidaan levittää suurempia määriä kuin nurmikasvustolle ja levitystä ei tarvitse tehdä kasvun aikana, mikä kontaminoisi rehun. Kylvö onnistuu myös nurmen suojaviljana eikä lakoonumisesta ole siinä määrin haittaa kuin puitavalla rehuviljalla. Nurmen perustamisvuonna saadaan myös suurempi sato. Koska samalla kertaan korjataan sekä korsi että jyvät, korjuukalusto on halvempi, työ tehokkaampaa ja toisaalta kallis viljan kuivaus jää pois. Niitto on tarpeeton työvaihe, koska kokoviljasäilörehua ei esikuivata (Jaakkola ym. 2003). Niittovaiheen poisjäänti vähentää myös maakontaminaatoriskiä. Koska kokoviljan korjuukalustoksi soveltuvat samat koneetjut kuin nurmirehulla, nurmenkorjuukaluston käyttöaste kasvaa. Kasvuston korjaaminen suoraan kärryyn ja rehun säilöminen siiloon pyöröpaalin sijaan vähentävät karisemishävikkiä. Viljakasvusto kootaan kokoviljasäilörehuksi Suomessa taikinatuulentumisteella elokuussa (Joki-Tokola 2003). Viljoista parhaiten siihen soveltuu ohra. Myös muita viljoja ja seoksia käytetään.

Kokoviljasäilörehua käytetään sekä lihanautojen että lypsykarjan ruokinnassa (Jaakkola ym. 2003). Koostumukseltaan kokoviljasäilörehu eroaa nurmisäilörehusta. Tyypillisesti kokoviljasäilörehu sisältää enemmän tärkkelystä ja vähemmän raakavalkuaista ja neutraalidetergenttikuitua (NDF) kuin nurmisäilörehu. Lisäksi kokoviljarehun NDF:n sulavuus on yleensä huonompi kuin nurmirehun. Taikinatuleentumisvaiheen edetessä kokoviljan sokeripitoisuus pienenee ja tärkkelyspitoisuus kasvaa.

Kokoviljasäilörehu soveltuu hyvin sekä seos- että erillisruokintaan (Jaakkola ym. 2003). Sen rehuarvo on paras taikinatuleentumisvaiheen loppuvaiheessa, koska silloin tärkkelyspitoisuus on korkein. Myös sadon kokonaismäärä on silloin korkein. Parhaimmillaan kokoviljan rehuarvo on samaa tasoa kuin keskilaatuisen nurmirehun, mutta vuosien välillä on eroa. Rehunäytteenotossa on oltava tarkkana, että oikeat määrät korsiä ja tähkiä saadaan mukaan näytteeseen. Siksi näyte kannattaakin ottaa suoraan kasvustosta useasta eri kohdasta. Ohraa pidetään tällä hetkellä parhaana kokoviljasäilörehun raaka-aineena sen hyvän sulavuuden ansiosta (Kykkänen ym. 2016). Kevätruisvehnän hehtaarisato oli tutkimusten korkein, kun taas ohran D-arvo oli tutkituista kokoviljoista paras (Huuskonen 2014).

2 RUISVEHNÄ REHUKASVINA

Kiinnostus ruisvehnän viljelyyn laitumena tai säilörehuna on alkanut jo 1970-luvulla (Baron ym. 2015). Ruisvehnää kasvatetaan enenevässä määrin laidunnukseen, kokoviljasäilörehuksi, heinäksi ja rehuviljaksi. Koska se sisältää paljon vihneitä, on sen katsottu soveltuvan parhaiten laidunnukseen ja vihantaviljaksi.

Ruisvehnä on durumvehnän ja rukiin välimuoto, polyploid (Oelke ym. 1989). Sen hybridit ovat peräisin vuodelta 1875. Kasvinjalostajat halusivat alun perin yhdistää vehnän viljan laadun, tuottavuuden ja taudinkestävyyden rukiin elinvoimaan ja kestävyys. Ruisvehnästä on kehitetty sekä talvi- että kevätyyppejä, painotuen kevätyyppeihin. Vaikka ruisvehnä on vehnän ja rukiin risteytys, se pölyttää itse kuten vehnä. Vaikka ruisvehnää pidetään laadultaan parempana kuin ruista, ei se ole saanut suosioita leipäviljana. Tämä siitä syystä, että vehnä on edelleen

mm. leivontaominaisuuksiltaan parempilaatuista. Ruisvehnällä on kuitenkin potentiaalia rehukasvina. Sitä voidaan hyödyntää laitumena, väkirehuna ja säilörehuna.

Kevätruisvehnä ei ehdi tuleentua puintikypsäksi Suomen oloissa ja syystyyppien talvenkestävyys muualla kuin Etelä-Suomessa on epävarmaa (Hovinen 1995). Kasvustot ovat olleet Suomessa terveitä. Ruisvehnän suurikokoiset tähkät mahdollistavat suuren sadon. Monet ruisvehnälajikkeet soveltuvat hyvin kokoviljasäilöntään (Petr ja Hradecká 1990). Sadonkorjuu tapahtuu maitotuleentumisen loppuvaiheesta taikinatuleentumiseen asti. Silloin saadaan ravintoarvoltaan ja määrältään runsain sato. Ruisvehnäsäilörehussa on niukasti energiaa, mutta leikkuukorkeuden nostaminen ja korrensääteiden käyttö parantavat maitohappokäymistä, jolloin rehun energiapitoisuus ja laatu paranevat (Schneider ym.1991).

Lyhyt päivä ja 3-5 asteen lämpötila stimuloi ruisvehnän pensastumista. Ruisvehnän lehtipinta-ala on samaa luokkaa kuin rukiilla, mutta suurempi kuin vehnällä. Pinta-ala myös säilyy pitkään kuten rukiilla. Lehdistön säilyminen kukinnan jälkeen kasvattaa satoa ja siementen painoa (Petr ja Hradecká 1990). Jyväkoko kuitenkin pienenee sadon kasvaessa riippumatta tyypilannoituksesta tai korrenvahvistajan käytöstä. Jyväkoon ollessa suuri jyvien tyypipitoisuus on alhainen.

3 KOKOVILJASÄILÖREHU NAUTOJEN RUOKINNASSA

Kokoviljasäilörehu korvaa nautojen ruokinnassa osin karkearehua ja osin viljaa. Kuiva-aineen syöntiä voidaan ennustaa mm. elopainon, NDF:n saannin ja D-arvon avulla. Elopainon kasvaessa kuiva-ainesyönti lisääntyy. Elopaino on tärkein muuttuja ennustettaessa kuiva-ainesyöntiä kasvavilla nautoilla Huuskosen ym. (2013) esittämän mallinnuksen perusteella. Lisäksi ennustemallin mukaan NDF-pitoisuuden avulla pystytään vielä parantamaan kuiva-ainesyönnin ennustettavuutta. Kuiva-aineen syönnin maksimi havaittiin elopainosta riippuen dieetin NDF-pitoisuuden ollessa välillä 345 – 414 g/ kg ka. NDF:n ja D-arvon välinen

korrelaatio on erittäin voimakas ennustettaessa kuiva-ainesyöntiä. D-arvo ennustaa säilörehun kuiva-ainesyöntiä vielä tarkemmin kuin NDF-pitoisuus, sillä sen pitoisuuden muutos 1 g/ kg ka lisäsi karkearehun kuiva-aineen syöntiä 7,2 g/ pv.

Kuiva-ainesyönnin vaste muuttuu lisäksi fermentaatiolaadun ja säilörehutyypin mukaan (Huuskonen ym. 2013). Väkirehun lisääminen dieettiin lisää kokonaiskuiva-ainesyöntiä ja sitä kautta ruhon painoa ja päiväkasvua. Maito- ja liharotuisen eläinten välillä ja myös eri liharotujen välillä on eroja kuiva-ainesyönnissä. Proteiinilisällä saadaan vain minimaalinen vaste lihanautojen kasvuun. Syönti- ja teurastietoja eri tutkimuksista on koottu taulukkoon 1.

3.1 Kokoviljakasvuston sato ja ruokinnallinen laatu

Kun kokoviljasäilörehu korjataan taikinatuleentumisasteella, saadaan hyvä sato ja säilöntälaatu, alhaiset korjuutappiot ja paras rehuarvo (Jaakkola ym. 2003). Taikinatuleentumisvaiheen aikana rehun ruokintalaatu ei heikkene. Kuiva-ainepitoisuus on 300 – 400 grammaa kilossa rehua. Kokoviljasäilörehun sulavuuteen vaikuttavat korren ja tähkän osuudet koko sadosta. Suurempi tähkän osuus tuottaa paremmin sulavan rehun. Näiden suhteet vaihtelevat kasvuolosuhteiden mukaan. Kuiva ja lämmin sää saavat aikaan suuremman tähkäsadon, kun taas viileä ja märkä kesä samalla kasvuasteella huonomman. Tähkän osuus on normaalisti 50 – 60 prosentin luokkaa, lyhytkortisilla kasveilla jopa 70 %.

Kokoviljasäilörehujen kuiva-aineen hehtaarikohtaiset satotasot ovat korkeammat kuin nurmirehun. Suomalaisissa kokeissa kevätruisvehnäkokoviljasäilörehun satotasot olivat reilun 12 tn ka/ ha (Kykkänen ym. 2016). Ohrakokoviljasäilörehun satotasot olivat 5,4 – 9,5 tn ka/ha ja vehnäkokoviljasäilörehun 9,2 – 10,5 tn ka/ ha. Myös kauraa oli tutkittu ja saatu sato oli 11,5 tn ka/ ha (Kykkänen ym. 2016). Timotei-nurmisäilörehun sato kahdella niitolla kahtena peräkkäisenä vuonna mitattuna oli 8,2-8,5 tn ka/ ha (Virkajärvi ym. 2012).

Suosittelava nurmisäilörehun D-arvo lihanaudoille on 680 – 710 g/ kg ka (Huuskonen 2010). Kokoviljasäilörehujen D-arvot ovat yleensä tätä heikompia. Kevätruisvehnäsäilörehun D-arvot olivat välillä 609 – 640 g/ kg ka (Kykkänen ym.

2016). Ohrakokoviljasäilörehun D-arvot ovat tutkimuksissa vaihdelleet 615 – 729 g/ kg ka, vehnäkokoviljasäilörehun 602 – 660 g/ kg ka ja kaurakokoviljasäilörehun 609 – 640 g/ kg ka (Jaakkola ym. 2009; Huuskonen ja Joki-Tokola 2010; Kykkänen ym. 2016; Huuskonen 2017). Kokoviljarehujen raakavalkuaisen ja NDF:n pitoisuudet ovat suomalaisissa tutkimuksissa olleet johdonmukaisesti pienempiä kuin nurmirehussa. Sitä vastoin nurmi sisältää hyvin vähän tai ei lainkaan tärkkelystä, kun kokoviljarehuissa sitä on runsaasti. Kokoviljarehu lisääkin todellista väkirehun saantia karjan dieetissä. Rehujen satotasoja ja koostumustietoja on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 1. Koeruokintojen vaikutus kuiva-aineen (kg ka/pv), muuntokelpoisen energian (ME MJ/pv) ja ravintoaineiden (g/pv) syöntiin, elopainon lisäykseen (g/pv), rehun hyväksikäyttöön sekä teurastuloksiin eri tutkimuksista.

Julkaisija/ julkaisuvuosi	Säilörehu	Kuiva-aineen syönti	Karkearehun syönti	Väkirehun syönti	Rypsin syönti	ME:n syönti	Raakavalkuaisen syönti	NDF-syönti	Elopainon lisäys	Teuraspainon lisäys	Ka-syönti/ elo-paino kg	Rehuhyötysuhde	MJ/ elo-paino kg	MJ/ teuraspaino kg	EUROP ruhon muoto	EUROP rasva
Huuskonen & Joki-Tokola 2010	Nurmi	7,83	4,41	3,42		89,6	1030	3401	1123	601		13,1		150	3,75	2,75
	Ohra	8,08	4,66	3,42		91,8	863	3108	1091	593		13,8		156	4,38	2,50
Huuskonen ym. 2017	Nurmi	9,88	5,88	4,00		114,9	1513		1394		6,96		78			
	Nurmi+rypsi	9,84	5,64	3,76	0,44	114,4	1614		1428		6,47		74			
	Ohra	8,75	4,86	3,89		101,1	904		1286		8,18		93			
	Ohra+rypsi	9,84	5,91	3,49	0,44	111,6	1115		1376		6,77		77			
	Vehnä	8,59	4,79	3,80		95,3	784		1087		8,52		96			
	Vehnä+rypsi	9,44	5,49	3,50	0,45	103	961		1274		7,25		83			
McCartney & Vaage 1994	Ohra	6,06	5,18	0,88						650	10,7	9,3				
	Kaura	5,70	4,82	0,88						570	11,6	10				
	Ruisvehnä	4,86	3,98	0,88						490	11,7	9,9				
O'Kiely 2011	Ruisvehnä Low cut	9,6	7,1	2,5			1331		800	422		22,8			3,57	2,57
	Ruisvehnä High cut	10,3	7,7	2,5			1409		901	491		21,0			3,57	2,98
	Maissi	11	8,5	2,5			1409		1184	752		14,6			3,21	3,01
ZoBell ym. 1992	Ohra	7,4							1150		6,6					
	Ruisvehnä	6,9							1080		6,9					

Julkaisija/ julkaisu- vuosi	Säilörehu	Sato-taso kg/ha	Tähkän osuus g/kgka	Kaavin korkeus cm	Kuiva-aine g/kg	Raaka-valkuainen g/kgka	NDF g/kgka	INDF	Tähtkelys g/kg ka	Vesiliukoiset hiilihydraatit g/kgka	pH	ME MJ/kg KA	D-arvo g/ kg ka	OIV g/ kg ka	PVT g/ kg ka
Ahvenjärvi ym. 2006	Nurmi				218	139	597	97	1	30					
	Ohra				311	99	488	184	124	26					
Baron ym. 2015	K Ruisvehnä	14,9				85	516						651		
	K Kaura	8,6				83	583						620		
	K Kaura	8,6				81	573						642		
	K Kaura	13,8				79	557						636		
	K Ohra	12				83	596						609		
	K Ohra	11,5				99	518						677		
Huuskonen & Joki-Tokola 2010	Nurmi				240	129	618		8		3,92	10,3	651		
	Ohra				306	85	522		242		3,79	10,2	677		
Huuskonen ym. 2017	Nurmi				253	173	591		8		3,97	10,5	655		
	Ohra				347	84	494		312		4,26	10,2	655		
	Vehnä				326	64	563		88		4,07	9,3	602		
Jaakkola ym. 2009	Nurmi				251	138	562	73		53	4,04	10,8	732		
	Nurmi				221	110	519	80		67	3,88	10,4	709		
	Nurmi				264	129	542	65		82	4,17	10,9	727		
	Ohra				311	100	488	158	124	27	3,78	9,5	662		
	Ohra	5,4	510	56	356	113	417	92	137	44	3,86	10,3	709		
	Ohra	6,7	590	60	390	113	360	85	222	40	3,88	10,5	722		
	Ohra	6,8	660	57	418	113	339	86	257	96	4,07	10,6	729		
	Ohra	8,4	460	82	282	107	502	127	94	35	3,98	9,6	665		
	Ohra	9,4	560	81	334	107	460	148	175	84	4,07	9,6	669		
	Vehnä	9,2	430	90	300	126	494	152	66	42	4	9	634		
	Vehnä	10,5	580	91	340	122	451	145	177	96	4,21	9,4	660		
Khorasani ym. 1993	Ohra				429	124	506		159						
	Kaura				411	115	608		85						
	Ruisvehnä				323	127	543		78						
Kykkänen ym. 2016	Ruisvehnä	12,1			467	64	510						609	64	-26
	Ruisvehnä	12,8		138	360	72	534						630	63	-23
	Ohra 2012 M	9,2		84	336	73	453			81			647	65	-34
	Vehnä 2012 M	9,9		93	410	74	516			98			625	62	-22
	Kaura 2012 M	10,6		102	327	72	468			97			630	65	-39
	Ohra 2012 R	10,3		89	272	89	448			131			644	68	-20
	Vehnä 2012 R	11		93	351	87	207			153			635	64	-13
	Kaura 2012 R	11,3		104	304	89	477			94			625	66	-26
	Ohra 2013 R	8,6		76	324	84	584			186			652	68	-16
	Vehnä 2013 R	10		94	319	85	557			126			622		
	Kaura 2013 R	11,5		108	298	83	501								

3.2 Syönti, ravintoaineiden saanti ja sulavuus

Huuskosen ym. (2017) ruokintakokeessa nurmisäilörehun korvaaminen vehnäkokoviljasäilörehulla vähensi sekä karkearehun että kokonaiskuiva-aineen syöntiä liharotuisilla sonneilla. Ohra- ja vehnäkokoviljasäilörehujen välillä ei ollut eroja karkearehun tai kokonaiskuiva-aineen syönnissä. Rypsinlisällä saatiin nostettua karkearehun ja kokonaiskuiva-aineen syöntiä kokoviljasäilörehupohjaisilla dieetteillä, mutta ei nurmiruokinnalla. Huuskosen ja Joki-Tokolan (2010) tutkimuksessa kohtalaisesti sulavaa nurmea korvattiin ohrakokoviljasäilörehulla, ohrakoviljan ja ruisvirnan seoksella tai vehnäkoviljan ja ruisvirnan seoksella maitorotuisten sonnien ruokinnassa. Karkearehun- tai kokonaiskuiva-aineen syönnissä ei ollut merkitseviä eroja dieettien välillä. ZoBellin ym. (1992) kokeessa ohra- ja ruisvehnäkoviljan välillä ei todettu olevan merkitseviä eroja kuiva-ainesyönnissä. On huomioitava, että väkirehun osuus ruokinnoissa oli varsin korkea. Kokeen alussa dieetissä oli säilörehua 38 % kuiva-aineesta ja kokeen lopuosassa vain 25,8 % kuiva-aineesta.

McCartney ja Vaage (1994) vertasivat keskenään ohra-, kaura- ja ruisvehnäkoviljasäilörehuja hiehojen ruokinnassa. Kevätuisvehnädieetissä kuiva-ainesyönti oli heikompi kuin muiden kokoviljasäilörehuryhmien. Nurmisäilörehua korvattiin osittain kokoviljasäilörehulla kolmessa eri kokeessa lypsylehmillä (Jaakkola ym. 2009). Tutkittavat kokoviljasäilörehut olivat ohra ja vehnä. Rehun kuiva-ainesyönnin kokonaismäärä koeruokintojen välillä pysyi samana. Ahvenjärven ym. (2006) lypsylehmätutkimuksessa nurmirehu korvattiin 0, 20, 40 ja 60 % ohrakoviljalla. Koeruokintojen välillä ei ollut eroa kuiva-aineen syönnissä. Khorasani ym. (1993) vertasivat ruisvehnä-, ohra-, kaura- ja sinimaillassäilörehua keskenään korkeatuottoisten lehmien ruokinnassa. Kuiva-aineen syönnissä ei ollut eroa sinimailas- ja ohrasäilörehun välillä. Myöskään kauran ja ruisvehnän välillä ei ollut eroa kuiva-aineen syönnissä. Kuiva-aineen syönti oli suurempi sinimailasrehua ja ohrakokoviljasäilörehua saaneilla. Kauran ja ruisvehnän pienempi syöntimäärä johtui ilmeisesti siitä, että ne olivat enemmän pötsiä täyttäviä ja kulkeutuvat siksi hitaammin ruoansulatuskanavan läpi.

Sekä Jaakkolan ym. (2009) että Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa ohra- ja vehnäkookoviljarehujen kuiva-ainepitoisuus oli huomattavasti korkeampi kuin nurmirehun. Khorasanin ym. (1993) tutkimuksessa sinimailasrehun kuiva-ainepitoisuus oli suurin ja kevätuisvehnäsäilörehun pienin.

Khorasanin ym. (1993) mukaan raakavalkuaisen saanti oli suurin sinimailasrehu-dieetillä ja seuraavaksi suurin ohrakookoviljadieetillä. Kaura- ja ruisvehnäkookoviljoja saaneiden dieetti sisälsi vähiten raakavalkuaista. Sinimailasrehun valkuaispitoisuus oli huomattavasti suurempi kuin viljoilla. Kevätuisvehnän valkuainen oli kuitenkin parhaiten sulavaa kun taas kauran heikoiten. Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa nurmirehussa oli selvästi korkeampi raakavalkuaispitoisuus ja PVT-arvo kuin kookoviljoilla ja PVT-tavoitteet lihakarjalle täyttyivät. Kookoviljasäilörehuilla PVT-arvot jäivät alle suosituksen (-20). Ne paranivat kyllä rypsilisällä vaa-ditulle tasolle. Jaakkolan ym. (2009) lypsylehmäkokeessa nurmen raakavalkuaispitoisuus oli kaikista suurin ja ohrakookoviljan pienin. Koedieetissä korkeampi raakavalkuaispitoisuus paransi typen hyväksikäyttöä.

Ohrakookoviljarehussa oli pienempi NDF-pitoisuus ja suurempi tärkkelyspitoisuus verrattuna vehnäkookoviljarehuun (Huuskonen ym. 2017). Lisäksi vehnäkookoviljasäilörehussa oli pienempi energiapitoisuus, mikä johti pienempään energiansaantiin. Huuskosen ja Joki-Tokolan (2010) tutkimuksessa kohtalaisesti sulavan nurmen korvaaminen vehnäkookovilja-ruisvirnasäilörehulla pienensi energiansaantia, mutta korvattaessa nurmi kookoviljaohralla tai ohra-virnakookoviljalla ei eroja havaittu. ZoBellin ym. (1992) kokeessa oli vain hyvin vähäisiä eroja ohra- ja ruisvehnäkookoviljojen välillä. Jaakkolan ym. (2009) lypsylehmäkokeessa kookoviljojen iNDF-pitoisuus oli suurempi kuin nurmella. Ohrassa oli eniten tärkkelystä, mutta vuosien välillä oli suurta vaihtelua. Ahvenjärven ym. (2006) lypsylehmätutkimuksessa, jossa nurmirehua korvattiin ohrakookoviljalla eri tasoilla ei ollut eroja NDF:n määrässä. Tärkkelyksen saanti lisääntyi ohrakookoviljaruokinnalla kun taas typen ja sulavan NDF:n saanti väheni. Khorasanin ym. (1993) tutkimuksessa sinimailasrehu sisälsi hyvin vähän tärkkelystä. Ohrakookovilja sisälsi tärkkelystä kaksinkertaisen määrän verrattuna muihin viljoihin. Kauran NDF-pitoisuus oli tutkimuksen suurin ja sinimailasen pienin.

Nurmirehun korvaaminen kokoviljasäilörehuilla on pienentänyt osassa tutkimuksia kuiva-aineen, orgaanisen aineen, NDF:n ja raakavalkuaisen sulavuutta lypsy-lehmillä tai lihanaudoilla (Khorasani ym. 1993, Ahvenjärvi ym. 2006, Jaakkola ym. 2009, O’Kiely 2011, Huuskonen ym. 2017). Kokoviljojen orgaanisen aineen ja NDF:n huonompi sulavuus johtui Ahvenjärjen ym. (2006) mukaan suuremmasta iNDF-pitoisuudesta verrattuna nurmirehuun. Ohrakokoviljan sulavuus oli eri tutkimuksissa parempi kuin vehnä-, ruisvehnä- tai kaurakokoviljojen. O’Kielyn (2011) kokeessa ruisvehnäsäilörehussa varsinkin oljen sulavuus oli heikko. Khorasanin ym. (1993) tutkimuksessa rehun sulavuus koko ruoansulatuskanavassa oli paras sinimailaseen ja ohraan perustuvissa dieeteissä verrattuna kauraan ja ruisvehnään. Kun sulavuus parani, myös kuiva-aineen syönti lisääntyi. Sinimailas- ja ohradieettien sulavuusarvot olivat keskenään samanlaiset. Myös kaura ja ruisvehnä olivat keskinäisessä vertailussa sulavuudeltaan samanlaisia. Ohran NDF-kuitu oli huomattavasti paremmin sulavaa kuin ruisvehnän. Suuremmat kuiva-ainesyönnit sinimailas- ja ohraruokinnalla saattavat heijastaa parempaa sulavuutta koko ruoansulatuskanavassa ja olivat siten vähemmän pötsiä täyttäviä.

3.3 Lisäkasvu ja rehun hyväksikäyttö

Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa vehnäkokoviljarehuruokinta heikensi elopainon kasvua verrattuna nurmeen. Nurmen ja ohran välillä ei ollut merkitsevää eroa. Elopainon kasvu vehnäkokoviljan ja ohrakokoviljan välillä erosi ohran hyväksi. Erot energiansaannissa vaikuttivat todennäköisesti eniten eroihin päiväkasvussa. ZoBellin ym. (1992) kokeessa ei todettu olevan merkitseviä eroja keskimääräisessä päiväkasvussa. McCartneyn ja Vaagen (1994) hiehotutkimuksen kevätruisehnedieetillä päiväkasvu oli heikompi kuin muiden kokoviljasäilörehuryhmien. O’Kielyn (2011) härkäkokeessa eläinten päiväkasvu oli ruisvehnädieetillä 73 % maissirehuun verrattuna ja 83 % verrattuna nurmirehuun.

Vehnä-virna kokoviljaruokinnalla ruhon rasvaluokitus oli 29 % huonompi kuin nurmiruokinnalla (Huuskonen ja Joki-Tokola 2010). Myös rehuhyötysuhde ja proteiinin pidättyminen jäivät huonommiksi. Ohra-virna- ja ohrakokoviljadieeteissä ei ol-

lut eroa verrattuna nurmeen. ZoBellin ym. (1992) kokeessa ei todettu olevan merkitseviä eroja rehuhyötysuhteessa. Kokeen perusteella ruisvehnää voidaan käyttää 25 % kuiva-aineesta lihanautojen ruokinnassa ilman vaikutusta rehuhyötysuhteeseen. Jaakkolan ym. (2009) kokeissa, joissa kokoviljasäilörehua syötettiin maksimissaan 40% karkearehun kokonaiskuiva-aineen määrästä, maidontuotanto pysyi samana tai hieman lisääntyi. Ahvenjärven ym. (2006) tutkimuksessa huomattiin, että ohrakokovilja-annoksen suurentuessa maidontuotanto laski lineaarisesti. Maidontuotannon väheneminen johtui rehuannoksen heikommasta sulavuudesta ja ravintoaineiden saannista. Khorasanin ym. (1993) kokeessa korkeammat kuiva-ainesyönnit sinimailas- ja ohraruokinnalla johtuivat ilmeisesti paremmasta sulavuudesta koko ruoansulatuskanavassa. Maidon tuotanto oli sinimailasruokinnalla 34 litraa päivässä, ohrakokoviljalla 31,2, kauralla 29,6 ja ruisvehnällä 29,4. Maidon valkuaispitoisuus oli korkein ruisvehnäruokinnalla, minkä oletettiin johtuneen ruisvehnän paremmasta aminohappokoostumuksesta tai aminohappojen suuremmasta imeytymisestä ohutsuolessa.

4 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA HYPOTEESIT

Kokoviljasäilörehun valmistaminen on tehokasta ja taloudellista. Hyvien satotasojen ja tehokkaan korjuun ansiosta nurmituotannon kannattavuutta voitaisiin parantaa kokoviljasäilörehulla. Samalla korjuukerralla ja happamuuteen perustuvalla säilönnällä saadaan säilöttyä sekä jyvät että koko muu kasvusto. Sadon jyvät korvaavat ruokinnassa osittain viljaa ja muut kasvin osat karkearehua. Siksi kalliin puinnin ja kuivauksen tarve tilalla vähenee. Korjuuseen soveltuva nurmenkorjuukalusto on yleensä jo olemassa. Kevätuisvehnä on kiinnostava kasvi kokoviljasäilörehuksi, koska se on erittäin satoisa. Aikaisempien tutkimusten mukaan sen rehuarvo on kuitenkin huonompi kuin nurmisäilörehun ja ohrakokoviljasäilörehun mikä heikentää eläinten syönti- ja lihantuotantotuloksia. Tutkimuksessa on saatu hyviä tuloksia korvaamalla nurmirehu vain osittain kevätruisvehnällä.

Ruokintatutkimuksessa haluttiin selvittää, minkälaisia säilörehuja kevätruisvehnästä ja ohrasta saadaan lihanautojen ruokintaan verrattuna nurmisäilörehuun.

Työn aineistona on vuonna 2018 tehty ruokintatutkimus, joka toteutettiin Luonnonvarakeskuksen Ruukin koenavetassa lihanautojen loppukasvatusvaiheessa. Se, miten kokeen eri ruokintakokonaisuudet vaikuttavat lihakarjan syöntimääriin, elopainon kehitykseen ja teurasparametreihin oli tutkimuksen pääasiallinen kiinnostuksen kohde.

Tutkimus sisälsi kaksi erillistä koetta, joissa molemmissa oli sama hyvin sulava nurmisäilörehu kontrollina ja joissa nurmirehua korvattiin joko ruisvehnäsäilörehulla tai ohrasäilörehulla 50 % tai 100 %. Lähtöoletuksen mukaan kevätruisvehnärehu on heikomman sulavuutensa vuoksi ruokinta-arvoltaan heikompaa kuin ohrakokoviljarehu, mutta rehujen korvatesa nurmirehua vaikutukset ovat samanlaisia. Kokeiden ensimmäisen hypoteesin mukaan nurmirehun korvaaminen kokonaan kokoviljasäilörehulla lisää syöntiä, mutta ei paranna kasvua tai teurasominaisuuksia (kokoviljan lineaarinen vaikutus). Toinen hypoteesi oli, että korvaamalla puolet nurmirehusta kevätruisvehnällä tai ohralla saataisiin myös päiväkasvua ja teurasominaisuuksia parannettua (kokoviljan quadraattinen vaikutus). Nurmen osittainen korvaaminen voisi näin olla yksi mahdollisuus hyödyntää sekä kevätruisvehnää että ohraa kokoviljasäilörehuna lihanautojen ruokinnassa.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Ruokintakoe toteutettiin liharotuisilla sonneilla Luonnonvarakeskuksen tutkimusnavetassa Siikajoen Ruukissa. Se alkoi helmikuussa 2018 ja päättyi sonnien teurastukseen heinä-elokuussa 2018, kun eläimet saavuttivat teuraskypsyyden.

5.1 Totutusjakso ja koeruokintajakso

Koe-eläimiksi ostettiin 100 sonnia A-Tuottajien vasikkavälityksestä. Niistä 50 kpl oli hereford-rotua ja toiset 50 kpl charolais-rotua. Vasikat saivat tutkimusasemalle tullessaan aluksi kaikki samaa seosrehua, jossa oli karkearehuna nurmisäilörehu ja väkirehuna ohra. Tänä aikana eläimet saivat totutella uusiin olosuhteisiin. Väkirehun määrää nostettiin vähitellen niin, että se oli totutusjakson lopussa 40 % kuiva-aineesta. Sonnit jaettiin kylmäpihatossa heti alussa viiden eläimen ryhmäkarsinoin siten, että jokaista koeryhmää kohti oli neljä karsinaa ja jokaisessa

ryhmässä puolet eläimistä oli hereford- ja puolet charolaisrotua. Ruokinta toteutettiin seosrehulla, jota sonnit saivat syödä vapaasti. Sonnit arvottiin kokeen alussa satunnaisesti eri koeruokinnolle. Itse ruokintatutkimus aloitettiin, kun sonnit olivat noin 10 kuukauden ikäisiä. Eläimet jaettiin viiteen koeryhmään, joilla kaikilla oli omat rehuseoksensa. Ryhmät ja rehuseoksien koostumukset on esitetty taulukossa 3. Rehuseokseen lisättiin lihanautojen tarpeelliset kivennäisaineet ja vitamiinit. Eläinten terveydentilaa seurattiin ja havainnoista pidettiin kirjaa.

Taulukko 3. Koeryhmät ja -ruokinnat. Rehuseoksen prosenttiosuudet kuiva-aineesta.

Ryhmä	Säilörehu	Ohra	Rapsi- rouhe	Eläimiä kpl
1	NSR 60 %	35 %	5 %	20
2	KRV 30 % ja NSR 30 %	35 %	5 %	20
3	KRV 60 %	35 %	5 %	20
4	OKV 30 % ja NSR 30 %	35 %	5 %	20
5	OKV 60 %	35 %	5 %	20

KRV=kevätruisvehnäsäilörehu, NSR=nurmisäilörehu, OKV=ohrakokoviljasäilörehu.

Seosrehuissa oli säilörehuna joko nurmisäilörehua, nurmi- ja ruisvehnäsäilörehun seosta, ruisvehnäsäilörehua, nurmi- ja ohrasäilörehun seosta tai ohrasäilörehua. Säilörehut tehtiin Luonnonvarakeskuksessa Siikajoen Ruukin (64°44'N, 25°15'E) koetilalla. Timotei Tenhon (*Phleum pratense*, Boreal Oy, Jokioinen, Suomi) ensimmäinen sato korjattiin 28.6.2017 tutkimusta varten. Se niitettiin niitomurskaimella (Elho 280 Hydro Balance, Oy Elho Production Ab, Pännäinen, Suomi), esikuivattiin karholla, 24 tuntia ja korjattiin tarkkuussilppurilla (New Holland FX 60, CNH Industrial N.V., Amsterdam, Hollanti). Ohra Wolmari (nelitahoinen, Boreal Oy., Jokioinen, Finland) kylvettiin 8.6.2017 kylvötiheyteen 220 kg/ ha ja ruisvehnä Nagano (Berner Oy, Helsinki, Finland) 13.6.2017 kylvötiheyteen 200 kg/ ha. Kokoviljasäilörehut korjattiin taikinatuleentumisen alkupuolella (kehitystaste Z85; Zadoks et al., 1974) pystykasvustosta kaksoissilppurilla (Claas Jaguar 970, Claas Group, Harsewinkel, Saksa) 10 cm niittokorkeuteen. Viljojen pituus (cm) mitattiin korjuun yhteydessä ottamalla kasvustosta osanäytteitä ja ottamalla

pituus lehden kärkeen saakka. Otannasta jätettiin pois lyhyimmät ja pisimmät kasvut ja mittauksista laskettiin keskiarvo. Kaikki säilörehut säilöttiin laakasiiloihin ja säilönnässä käytettiin muurahaishappopohjaista säilöntäainetta (GrasAAT SX, Addcon Group GmbH, Bitterfeld-Wolfen, Saksa) annoksella 5 litraa/ tonni.

5.2 Rehun syönnin seuranta ja elopainon seuranta

Pihatossa on kanadalainen GrowSafe-ruokinnanseurantajärjestelmä (malli 4000E; GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, AB, Kanada), joka mittaa yksilökohtaisen syönnin. Eläimen käynnit ruokinta-astialla rekisteröityvät järjestelmään e-merkeissä olevan transponderin avulla. Ruokinta-astiat ovat vaakojen päällä, jolloin syöty rehumäärä kirjautuu kyseiselle eläimelle.

Sonnien elopaino punnittiin kokeen alussa, kokeen aikana noin neljän viikon välein ja kokeen lopussa. Kokeen alussa ja lopussa eläimet punnittiin kahtena peräkkäisenä päivänä. Juuri ennen teurastusta tapahtuvan punnituksen yhteydessä sonnien ulkofileet kuvannettiin ultraäänilaitteella. Siinä yhteydessä pystyttiin mittaamaan ulkofileen pintarasvan paksuus, leikkauspinta-ala, ulkofileen paksuus ja ulkofileen sisäisen rasvan osuus.

5.3 Rehuanalyysit

Säilörehusta kerättiin näytteet ruokintajaksoittain pakastimeen. Säilörehujen kerausnäytteet otettiin noin neljän viikon välein, yhteensä 6 näytettä. Ohrasta ja rapista kerättiin näytettä kahdelta ruokintajaksolta, jotka yhdistettiin. Näistä lähetettiin analyysihin kummastakin kolme näytettä. Kokeen lopussa tehtiin rehuanalyysit sekä Valion rehulaboratoriossa Seinäjoella että Luonnonvarakeskuksen omassa laboratoriossa Jokioisilla. Tässä tutkimuksessa ruokinnallista laatua kuvaavat analyysit on tehty Luken Jokioisten laboratoriossa ja säilönnällinen laatu määritetty Valiolla Seinäjoella.

Kuiva-ainepitoisuus oli pohjana koostettaessa rehuseoksia kokeen aikana. Primaarinen kuiva-aine määritettiin Ruukissa pitämällä näytettä lämpökaapissa 105 °C:ssa noin vuorokausi. Luken laboratoriossa Jokioisilla kuiva-ainepitoisuus (g/kg

rehua) määritettiin pitämällä rehunäytettä lämpökaapissa ensin 50 °C:ssa 2 tuntia ja sitten 105 °C:ssa 20 tuntia. Primaarinen kuiva-aine oli perusteena tuoreesta rehusta tehtyjen analyysien laskentakaavoissa. Osaan analyyseista tarvittiin kuivatun analyysinäytteen sekundäärinen kuiva-ainepitoisuus, joka määritettiin kuivaamalla näytettä edelleen 105 °C:ssa 16 tuntia. Korjattu kuiva-ainepitoisuus laskettiin Huidan ym. (1986) mukaan. Kaikki kuivatuista näytteistä tehty analyysit ilmoitetaan sekundaarisen kuiva-aineen perusteella (g / kg ka). Näytteet jauhettiin ennen analyysijä. Tuhka määritettiin polttamalla näytettä 600 °C:ssa 2 tuntia virallisen menetelmän mukaan (AOAC-942.05) (standardi SFS 3008 (1990)).

Raakavalkuainen määritettiin Dumas-menetelmällä (AOAC 968.06) käyttämällä Leco FP 428 -tyypianalysointia (Leco Corp., St Joseph; MI 49085; USA). Raakavalkuaispitoisuus saatiin kertomalla typpi-% 6,25:llä. NDF määritettiin valmistamalla detergenttiliuos Van Soestin ym. (1991) mukaan hyödyntäen suodatinpussitekniikkaa ja käyttämällä 25 mikronin nailonpusseja (F57, ANKOM Technology) ja ANKOM 220 kuituanalysointia (ANKOM Technology, 2052 O'Neil Road, Macedon NY 14502). NDF-analyysissä käytettiin natriumsulfiittia ja tulos ilmoitettiin ilman jäännöstuhkaa. iNDF:n määrä saatiin NIR-analysointilla, joka hyödyntää lähi-infrapunatekniikkaa.

Sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa eli D-arvo tutkittiin in vitro -menetelmällä Nousiainen ym. mukaan (2003), mutta tulosten laskeminen perustui Huhtasen ym. (2006) korjauskaavoihin. Kokonaisrasva määritettiin eetteriuutolla ja suolahappohydrolyysillä (Anon 1971). Käytössä oli akreditoitu sisäinen menetelmä JOK3008: AOAC-virallinen menetelmä 920.39. Rasvan kokonaisanalyysiin käytetty laite oli Foss Soxtec / Hydrotec 8000™, joka koostui Soxtec™ 8000 -uuttoyksiköstä ja Hydrotec™ -hydrolyysiyksiköstä (FOSS Analytical, Tanska). Tärkkelys määritettiin Salon ym. mukaan (1968) amyloglukosidaasimenetelmällä. Käytetty laite oli Shimadzu kaksisäteinen UV-VIS-spektrofotometri UV-1800 (Shimadzu Co., Kioto, Japani).

Säilörehun käymislaatua kuvaavat analyysit pH, sokeri, haihtuvat rasvahapot, maito- ja muurahaishappo ja ammoniumtypen osuus kokonaistypestä määritettiin

titraamalla rehun puristenesteestä (Moisio ja Heikonen 1989). Säilörehuista analysoitiin kaikki edellä mainitut tekijät, mutta väkirehuista ainoastaan kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, tärkkelys ja NDF.

5.4 Teurastus

Sonnit teurastettiin Atrian Kauhajoen teurastamossa lakisääteisillä teurastuskäytännöillä. Teurasluokitus ja teuraspaino vaikuttivat tilityshintaan. Sonnit teurastettiin kolmessa erässä, koska ne saavuttivat teuraskypsyyden hieman eri aikaan. Teuraskypsyys arvioitiin elopainon perusteella. Kun sonnit saavuttivat 650-700 kilon elopainon, niiden katsottiin olevan valmiita teurastettavaksi.

Teurasruhojen luokittaminen on Suomessa lakisääteistä. Ruhojen lihaksikkuus ja rasvaisuus määritetään ns. EUROP –luokituksen mukaan (Ruokavirasto 2019). Luokittajat ja vaa’ittajat ovat valan vannoneita, koulutettuja henkilöitä. Vain Ruokaviraston hyväksymät luokittajat voivat tehdä tätä työtä. Luokitus perustuu aistinvaraiseen arviointiin, jossa arvioidaan ruhon sivuprofiilia, ensisijaisesti paisteja, selkää ja lapoja. E- luokka kertoo erinomaisesta laadusta ja P heikoimmasta, jotka jaetaan vielä +/- -luokkiin. Rasvaluokkia on viisi. Rasvaluokka 1 tarkoittaa rasvatonta ruhoa ja luokka 5 erittäin rasvaista ruhoa. Teuraskilohinta määräytyi Atrian käyttämien hinnoitteluperusteiden mukaan, johon vaikutti mm. eläimen teuraspaino, ruhon lihaksuus ja rasvaisuus. Teurastili laskettiin kertomalla teuraskilohinta teuraspainolla.

5.5 Tulosten laskeminen ja tilastollinen analyysi

Nettopäiväkasvu laskettiin seuraavasti:

Ruhon alkupaino (kokeen alkaessa) = elopaino * 0,52

Nettopäiväkasvu = (ruhon teuraspaino kg – ruhon alkupaino kg) / kokeen kesto pv * 1000

Kaikkien rehujen OIV- ja PVT-arvot laskettiin kotimaisen valkuaisarvojärjestelmän mukaisesti Luken (2019) mukaan. Myös väkirehujen ME-pitoisuudet laskettiin Luken (2019) mukaan käyttämällä analysoituja koostumuksia ja rehutaulukoiden sulavuuskertoimia. Säilörehujen energia-arvot laskettiin seuraavasti:

Nurmisäilörehun ME (MJ/ kg ka) = 0,016 x D-arvo (g/ kg ka)

Kokoviljasäilörehujen ME (MJ/ kg ka) = 0,0155 x D-arvo (g/ kg ka)

Säilörehun syönti-indeksi = $100 + 10 \times [(D\text{-arvo} - 680) \times 0.017 - (\text{hapot} - 80) \times 0.0128 + (0.0198 \times (KA - 250) - 0.00002364 \times (KA^2 - 250^2)) - 0.44 \times \text{jälkisaatosaäilörehun osuus} + 4.13 \times \text{palkokasvien osuus} - 2.58 \times \text{palkokasvien osuus}^2 + 5.90 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus} - 6.14 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus}^2 - 0.0023 \times (\text{kuitu-550})]$ (Huhtanen ym. 2007).

Tiedot ruokinnasta, painojen kehittymisestä ja teurastuksesta kerättiin kokeen aikana ja teurastuksen jälkeen Excel-taulukoihin. Tilastolliset analyysit tehtiin varianssianalyysillä SAS-ohjelmalla GLM proceduurilla (versio 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Tilastollinen testaus tehtiin kahdessa osassa. Kontrollina käytettiin molemmissa ruokintaa, jossa karkearehu oli kokonaan nurmisäilörehua. Ruokinnan vaikutus jaettiin edelleen kontrasteihin. Niiden avulla selvitettiin, kuinka kokoviljasäilörehun lisäys ruokintaan nurmirehua korvaamalla vaikutti:

Osa 1

- 1) kevätvehnäruissäilörehun lisäyksen lineaarinen vaikutus
- 2) kevätvehnäruissäilörehun lisäyksen quadraattinen (toisen asteen, käyräviivainen) vaikutus

Osa 2

- 1) ohrasäilörehun lisäyksen lineaarinen vaikutus
- 2) ohrasäilörehun lisäyksen quadraattinen (toisen asteen, käyräviivainen) vaikutus

6 TULOKSET

6.1 Viljelytiedot, rehujen ruokinnallinen laatu ja säilöntälaatu

Kokeen eri karkea- ja väkirehujen viljelytiedot, rehuarvot ja säilöntälaatu on esitetty taulukossa 4. Ruisvehnäkokoviljarehun hehtaarikohtainen sato oli 900 kg ka/ ha suurempi kuin nurmirehun ja 800 kg ka/ ha suurempi kuin ohrakokoviljarehun. Ruisvehnäkasvusto oli keskimäärin 8 cm pidempää kuin ohran. Kokoviljarehujen kuiva-ainepitoisuus oli yli 300 g/ kg ka eli selvästi suurempi kuin nurmirehun (205 g/ kg ka). Nurmisäilörehun raakavalkuaispitoisuus oli 148 g/ kg ka, joka oli kokeen suurin. Ruisvehnä- ja ohrasäilörehujen raakavalkuaispitoisuudet olivat noin 50 g/ kg ka pienempiä kuin nurmirehun. Myös NDF:n pitoisuus oli pienempi kokoviljarehuissa kuin nurmirehussa. Ohrasäilörehun tärkkelyspitoisuus (308 g/ kg ka) oli suurempi kuin ruisvehnäsäilörehun (172 g/ kg ka).

Kaikkien rehujen pH-arvo oli hyvä. Ruisvehnärehun sokeripitoisuus oli huomattavasti korkeampi kuin muiden rehujen. Sekä maito- ja muurahaishappojen että haihtuvien rasvahappojen pitoisuudet olivat säilörehun laadun kannalta hyvällä tasolla ja myös ammoniumtypen osuus kokonaistypestä oli tavoitetasolla.

Nurmirehun D-arvo ja muuntokelpoisen energian määrä olivat suuremmat kuin muissa karkearehuissa. Ruisvehnäkokoviljasäilörehussa nämä arvot olivat heikoimmat. OIV-arvot olivat hyvin lähellä toisiaan kaikissa karkearehuissa. Pötsin valkuaistase oli nurmirehussa suurempi kuin ohrakokoviljarehussa ja ruisvehnäsäilörehussa. Ohrakokoviljarehun syönti-indeksi oli karkearehuista suurin ja nurmen pienin. Rapsirouheen raakavalkuaispitoisuus oli 377 g/ kg ka ja energiapitoisuus 11,4 MJ ME/ kg ka. Ohran raakavalkuaispitoisuus oli 105 g/ kg ka ja energiapitoisuus oli 13,2 MJ ME/.

Taulukko 4. Kokeen viljelytiedot, rehuarvot ja säilöntälaatu (g/ kg kuiva-ainetta, jos muuta ei ole mainittu)

Rehun tyyppi	Nurmirehu Timotei Tenho	Ruisvehnä säilörehu Nagano	Ohra säi- lörehu Wolmari	Ohra jyvät	Rapsi- rouhe
Satotaso, kg ka/ha	8300	9200	8000		
Kasvin korkeus, cm		93	85		
Kuiva-aine, g/ kg	205	314	350	872	876
Orgaaninen aine	931	949	946	977	924
Raakavalkuainen	148	98	99	105	377
NDF	559	496	402	213	284
iNDF	64	146	116		
Tärkkelys	6	172	308	569	13
Vesiliukoiset hiilihydraatit	53	116	60		
pH	3,72	3,91	3,9		
ME, MJ/ kg ka	11,0	9,6	10,2	13,2	11,4
OIV	88	78	82	95	169
PVT	19	-17	-22	-38	154
D-arvo	685	622	659		
Syönti-indeksi	98	115	123		
VFA	17	9	10		
Maito- ja muura- haishappo	68	31	39		
NH ₄ N / kokonais-N	50	54	26		

NDF= neutraalidetergenttikuitu, iNDF= sulamaton kuitu, MJ ME= megajoulea muuntokelpoista energiaa, OIV= ohutsuoli-imeytyvä valkuainen, PVT= pötsival-
kuaistase, D-arvo= rehun sisältämä sulava orgaaninen aine, VFA= haihtuvat
rasvahapot

Rehuseosten koostumustiedot on koottu taulukkoon 5. Nurmisäilörehun mukana
olo rehuseoksissa pienensi seosten kuiva-ainepitoisuutta, koska nurmisäilörehu
oli huomattavasti kosteampaa kuin kokoviljarehut. Eläimet saivat eniten raaka-
valkuaista ja OIV:a nurmirehuseoksesta ja kun nurmirehu korvattiin kokonaan ko-
koviljarehuilla, näiden saanti oli pienin. Kokoviljoja sisältävissä rehuseoksissa oli
runsaasti tärkkelystä, kun taas nurmirehuseoksen tärkkelyspitoisuus oli peräisin
pelkästään ohrasta ja rapsista. Sonnit saivat eniten tärkkelystä ohrakokoviljasäi-
lörehua sisältävästä ruokinnasta. Nurmirehuseoksen ME:n osuus oli hieman suu-
rempi kuin muissa ruokinnoissa ja ruisvehnäkokoviljaruokinnassa kaikista pienin.

Nurmirehuseoksen NDF-pitoisuus oli suurempi kuin muissa seoksissa. Ohrakoviljaa sisältävässä dieetissä NDF-pitoisuus oli pienin.

Taulukko 5. Rehuseosten koostumustiedot (g/ kg kuiva-ainetta, jos muuta ei mainittu)

Säilörehun tyyppi	Nurmi-säilörehu	Nurmisl + ruis-veh-näsr 50/50	Ruisvehnä	Nurmisl + ohrasr 50/50	Ohra
Kuiva-aine	295	348	422	360	460
Orgaaninen aine	932	938	943	937	941
Raaka-valkuainen	143	128	113	128	113
NDF	421	402	383	374	327
Tärkkelys	195	245	294	285	376
Raakasva	30	25	20	25	21
ME MJ/ kg ka	11,6	11,2	10,8	11,3	11,1
OIV	93	90	87	91	89
PVT	6	-4	-15	-6	-18

NDF= neutraalidetergenttikuitu, MJ ME= megajoulea muuntokelpoista energiaa, OIV= ohutsuoli-imeytyvä valkuainen, PVT= pötsivalkuaistase

6.2 Syönti, elopainon kehittyminen ja teurastulokset

Ruisvehnäkokeen tulokset on esitetty taulukossa 6. Kuiva-aineen syönti (kg ka/pv) lisääntyi lineaarisesti ruisvehnäsäilörehun korvatesa nurmirehua ($P<0,05$). Syönti lisääntyi myös metabolista elopainokiloa ($P<0,05$) ja elopainokiloa ($P<0,01$) kohti laskettuna. Raakavalkuaisen saanti (g/pv) väheni ja tärkkelyksen lisääntyi lineaarisesti, kun nurmirehua korvattiin ruisvehnärehulla ($P<0,001$). Sonniien nettopäiväkasvu hidastui suuntaa-antavan lineaarisesti ruisvehnän osuuden lisääntyessä ($P=0,07$).

Rehun muuntosuhde (kg kuiva-ainetta/ kg elopainon ja teuraspainon lisäystä) heikkeni lineaarisesti, kun nurmea korvattiin ruisvehnäkoviljalla ($P<0,01$). Raakavalkuaisen muuntosuhde (g raakavalkuaista/ kg elopainon ja teuraspainon lisäystä) parani lineaarisesti ($P<0,01$) korvattaessa nurmea ruisvehnärehulla.

Energian saanti (MJ ME/ kg teuraspainon lisäystä) lisääntyi lineaarisesti ruisvehnäsäilörehun korvatussa nurmirehua ($P<0,01$). Ruhojen teuras-% pieneni lineaarisesti, kun ruokintaan lisättiin kevätruisvehnäsäilörehua ($P<0,05$). Teurastili pieneni lineaarisesti (€/ kg, alv 0 %), kun nurmirehua korvattiin ruisvehnähulla ($P<0,05$).

Ohrakokoviljakokeen tulokset on esitetty taulukossa 7. Kokeen kesto ja teurasikä (pv) lyhenivät lineaarisesti, kun nurmirehua korvattiin ohrakokoviljasäilörehulla ($P<0,01$). Kuiva-aineen päiväsyönti (kg ka/ pv) lisääntyi lineaarisesti ohrasäilörehun korvatussa nurmirehua ($P<0,01$). Syönti lisääntyi lineaarisesti myös metabolista elopainokiloa ($P<0,01$) ja elopainokiloa ($P<0,01$) kohden ilmaistuna.

Raakavalkuaisen saanti (g/ pv) pieneni lineaarisesti, kun nurmea korvattiin ohrakokoviljalla ($P<0,01$). Muuntokelpoisen energian (MJ ME/ pv), OIV:n (g/ pv) ja tärkkelyksen (g/ pv) saannit lisääntyivät lineaarisesti lisättäessä ruokintaan ohrakokoviljaa nurmen sijaan ($P<0,01$). Kun ohrarehu korvasi nurmirehun kokonaan, NDF:n saanti (g/ pv) väheni käyräviivaisesti ($P<0,05$). Kun puolet nurmirehusta korvattiin ohrarehulla NDF-saanti ei muuttunut, mutta ruokinnan sisältäessä pelkästään ohrarehua eläinten NDF:n saanti väheni.

Kuiva-aineen muuntosuhde (kg/ kg elopainoa) ja energian muuntosuhde (MJ ME/ kg elopainoa) muuttuivat käyräviivaisesti ($P<0,01$). Kun ohrarehu korvasi kokonaan nurmirehun, muuntosuhteet eivät muuttuneet nurmeen verrattuna, mutta kun nurmesta korvattiin puolet ohrakokoviljalla, muuntosuhteet kasvoivat nurmeen verrattuna. Raakavalkuaisen määrä suhteutettuna elopainokiloon (g/ kg) muuttui käyräviivaisesti korvattaessa nurmirehua ohrakokoviljalla ($P<0,01$). Kun nurmi korvattiin puoliksi, raakavalkuaisen määrä ei muuttunut, mutta korvattaessa nurmi kokonaan ohrakokoviljasäilörehulla, raakavalkuaisen määrä väheni. Kuiva-aineen määrä (kg/ kg) ja energian määrä (MJ ME/ kg) suhteutettuna teuraskiloon lisääntyivät käyräviivaisesti ($P<0,01$). Kun nurmirehu korvattiin kokonaan, näiden määrä ei muuttunut, mutta kun nurmea korvattiin vain puolet, kuiva-aineen ja energian määrät teuraskiloa kohti lisääntyivät. Raakavalkuaisen määrä teuraskiloa kohti (g/ kg) väheni käyräviivaisesti ($P<0,01$). Kun nurmirehua korvattiin puolet, muutosta ei havaittu, mutta korvattaessa nurmirehu kokonaan ohrakokoviljalla, raakavalkuaisen määrä teuraskiloa kohti väheni.

Päiväkasvu ja nettokasvu (g/ pv) nopeutuivat lineaarisesti, kun nurmea korvattiin ohrakokoviljalla ($P < 0,01$ ja $P < 0,05$). Teurasruhojen rasvaisuus lisääntyi käyräviivaisesti ($P < 0,01$). Kun nurmirehusta korvattiin puolet ohrarehulla, rasvaisuus lisääntyi. Korvattaessa nurmi kokonaan ohrakokoviljalla, rasvaisuus ei muuttunut. Teuraskilohinta (€/ kg) ja ruhokohtainen teurastili pienenevät käyräviivaisesti ($P < 0,01$ ja $P < 0,05$). Kun nurmirehu korvattiin kokonaan ohrakokoviljalla, teurastili pysyi muuttumattomana, mutta lisättäessä kokoviljaohraa puolet karkearehun määrästä, teurastili pieneni.

Taulukko 6. Ruisvehnäkokeen syönti- ja teurastiedot.

Säilörehu	N	NKRV	KRV	SEM	p-arvo lin.	p-arvo quad.
Havaintojen lkm	18	20	19			
Kokeen kesto, pv	167	162	164	2,6	0,564	0,295
Elopaino alku, kg	435	436	444	12,2	0,596	0,801
Elopaino loppu, kg	710	703	701	11,3	0,517	0,860
Ikä kokeen alussa, pv	312	307	308	3,9	0,473	0,476
Teurasikä, pv	479	469	473	4,2	0,354	0,221
Syönti						
Kuiva-aine (ka), kg/ pv	9,44	9,90	10,05	0,246	0,046	0,543
Ka, g/ kg metab. elopaino	80,2	84,6	86,1	1,93	0,014	0,453
Ka, g/ elopaino kg	16,4	17,3	17,6	0,39	0,009	0,431
ME, MJ/pv	111	113	112	2,8	0,772	0,558
Raakavalkuainen, g/pv	1356	1274	1139	29,6	<0,001	0,395
OIV, g/pv	846	874	873	21,1	0,315	0,528
NDF, g/pv	3994	4056	3898	99,5	0,424	0,269
Tärkkelys, g/pv	1928	2466	3049	68,2	<0,001	0,780
Päiväkasvu, g/pv	1641	1651	1576	37,2	0,314	0,426
Nettokasvu, g/pv	989	992	911	25,6	0,066	0,239
Rehun muuntosuhde						
Kuiva-aine, kg ka/ päiväkasvu-kg	5,77	6,02	6,4	0,141	0,001	0,682
MJ ME/ päiväkasvu-kg	67,9	68,8	71,3	1,61	0,108	0,678
Raakavalkuainen, g/ päiväkasvu-kg	829	775	726	18,0	<0,001	0,899
Kuiva-aine, kg ka/ nettokasvu-kg	9,7	10,21	11,25	0,251	<0,001	0,374
MJ ME/ nettokasvu-kg	114,1	116,8	125,3	2,87	0,005	0,381
Raakavalkuainen, g/ nettokasvu-kg	1395	1315	1276	32,1	0,006	0,578
Teurasparametrit						
Teuraspaino kg/ eläin	391	386	379	7,1	0,20	0,918
Teuras-%	55,1	54,8	53,9	0,34	0,01	0,464
Lihakkuuspisteet	9,6	9,4	9,3	0,25	0,32	0,910
Rasvaisuuspisteet, EUROP	2,5	2,4	2,4	0,12	0,47	0,606
Teurastili, €/kg (ALV 0 %)	3,71	3,71	3,66	0,026	0,35	0,520
Teurastili, €/ruho (ALV 0 %)	1463	1445	1387	21,6	0,03	0,493

N (g/ kg ka) = nurmirehu (600), litistetty ohra (335), rypsirouhe (50) ja kivennäiset ja vitamiinit (15). NKRV (g/ kg ka) = nurmirehu (300), ruisvehnäkokoviljasäilörehu (300), ohrajauho (335), rypsirouhe (50) ja kivennäiset ja vitamiinit (15). KRV (g/ kg ka) = ruisvehnäkokoviljasäilörehu (600), ohrajauho (335), rypsirouhe (50) ja kivennäiset ja vitamiinit (15). SEM = keskiarvon keski-
virhe. Lin. = ruisvehnän lineaarinen vaikutus. Quad. = ruisvehnän käyräviivainen vaikutus.

Taulukko 7. Ohrakokeen syönti- ja teurastiedot.

Säilörehu	N	NOKV	OKV	SEM	p-arvo lin.	p-arvo quad.
Havaintojen lkm	18	20	20			
Kokeen kesto, pv	167	159	149	3,4	<0,001	0,716
Elopaino alku, kg	435	440	445	12,0	0,564	0,989
Elopaino loppu, kg	710	702	713	9,8	0,812	0,419
Ikä kokeen alussa, pv	312	309	313	3,6	0,895	0,416
Teurasikä, pv	479	468	462	5,2	0,011	0,690
Syönti						
Kuiva-aine (ka), kg/ pv	9,44	10,36	10,65	0,215	<0,001	0,209
Ka, g/ kg metab. elopaino	80,2	88,6	90,7	1,64	<0,001	0,105
Ka, g/ elopaino kg	16,4	18,1	18,5	0,33	<0,001	0,083
ME, MJ/pv	111	120	123	2,5	0,001	0,228
Raakavalkuainen, g/pv	1356	1345	1209	27,8	<0,001	0,050
OIV, g/pv	846	915	925	18,5	0,004	0,190
NDF, g/pv	3994	3974	3530	84,8	<0,001	0,037
Tärkkelys, g/pv	1928	2988	4132	66,6	<0,001	0,592
Päiväkasvu, g/pv	1641	1666	1841	50,2	0,002	0,165
Nettokasvu, g/pv	989	993	1083	32,5	0,027	0,221
Rehun muuntosuhde						
Kuiva-aine, kg ka/ päiväkasvu-kg	5,77	6,28	5,83	0,141	0,738	0,003
MJ ME/ päiväkasvu-kg	67,9	72,9	67,1	1,64	0,709	0,003
Raakavalkuainen, g/ päiväkasvu-kg	829	815	663	18,6	<0,001	<0,001
Kuiva-aine, kg ka/ nettokasvu-kg	9,7	10,67	10,06	0,238	0,279	0,007
MJ ME/ nettokasvu-kg	114,1	123,8	115,8	2,76	0,662	0,007
Raakavalkuainen, g/ nettokasvu-kg	1395	1384	1145	31,0	<0,001	0,002
Teurasparametrit						
Teuraspaino kg/ eläin	391	384	390	6,5	0,875	0,392
Teuras-%	55,1	54,6	54,5	0,32	0,213	0,550
Lihakkuuspisteet	9,6	9,2	9,6	0,29	0,999	0,143
Rasvaisuusasteet, EUROP	2,5	3,2	3,0	0,15	0,007	0,009
Teurastili, €/kg (ALV 0 %)	3,71	3,55	3,62	0,038	0,051	0,005
Teurastili, €/ruho (ALV 0 %)	1463	1367	1409	26,0	0,108	0,016

N (g/ kg ka) = nurmirehu (600), litistetty ohra (335), rypsirouhe (50) ja kivennäiset ja vitamiinit (15). NOKV (g/ kg ka) = nurmirehu (300), ohrakokoviljasäilörehu (300), ohrajauho (335), rypsirouhe (50) ja kivennäiset ja vitamiinit (15). OKV (g/ kg ka) = ohrakokoviljasäilörehu (600), ohrajauho (335), rypsirouhe (50) ja kivennäiset ja vitamiinit (15). SEM = keskiarvon keskivirhe. Lin. = ohrakokoviljan lineaarinen vaikutus. Quad. = ohrakokoviljan käyräviivainen vaikutus.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Ohrakokoviljasäilörehu on saavuttanut paikkansa lihakarjan ruokinnassa sen hyvän sulavuuden ansiosta verrattuna muihin kokoviljasäilörehuihin (Khorasani ym. 1993, Huuskonen ym. 2017). Kun nurmisäilörehua on korvattu joko osittain tai kokonaan ohrakokoviljasäilörehulla, on saatu yhtä hyviä tuotantotuloksia kuin nurmirehuruokinnalla. Ohrakokoviljasäilörehu on ruokintaominaisuuksiltaan parempaa kuin muut kokoviljat. Kevätuisvehnä kiinnostaa kokoviljarehuna siksi, että se on kaikista kokoviljoista satoisin (Hovinen 1995). Sen sulavuus oli aiemmissa tutkimuksissa heikompi kuin ohra-, nurmi- tai maissisäilörehun (Khorasani ym. 1993, O’Kiely 2011).

7.1. Viljelytiedot, rehujen ruokinnallinen laatu ja säilöntälaatu

Suuri kuiva-ainesato tehostaa pellon pinta-alan käyttöä. Tässä kokeessa käytetyn timotei-nurmisäilörehun kahden niiton kuiva-ainesato oli 8,3 tn ka/ ha, joka oli samalla tasolla kuin Virkajärven ym. (2012) satomittauksissa aikaisempina vuosina. Ruisvehnäkokoviljarehun hehtaarisato 9,2 tn ka/ ha oli suurempi kuin ohra-kokoviljan ja nurmirehun, mutta se ei saavuttanut yhtä suurta satoa kuin Kykkäsen ym. (2016) ruutukokeissa, joissa ruisvehnäkokoviljan satotaso oli keskimäärin 12,5 tn/ ha. Ruutukokeissa sato on yleensä suurempi kuin käytännön viljelyolosuhteissa. Ruisvehnäkasvusto oli 8 cm pidempää kuin ohran, minkä vuoksi sen korsi/ tähkä -suhde oli todennäköisesti erilainen. Korren suuri pitoisuus voi osaksi selittää ruisvehnärehun ohrakokoviljaa pienemmän tärkkelyspitoisuuden ja heikomman sulavuuden. Ruisvehnäkasvusto oli kuitenkin selvästi lyhyempää kuin Kykkäsen ym. (2016) tutkimuksessa (93 cm vs. 138 cm). Ohrakasvuston korkeus 85 cm oli samaa tasoa kuin Kykkäsen ym. (2016) kokeissa keskimäärin.

Alhainen kuiva-ainepitoisuus pienentää yleensä rehun syöntiä (Huhtanen ym. 2006) sekä lisää puristenestetappioita ja säilönnän epäonnistumisen riskiä suuresta kosteuspitoisuudesta johtuen (McDonald ym. 1991). Vuoden 2017 nurmisäilörehun kuiva-ainepitoisuus (205 g/ kg) oli esikuivatuksesta huolimatta pienempi kuin aiemmissa suomalaisissa kokoviljasäilörehujen ruokintatutkimuksissa (Ahvenjärvi ym. 2006, Jaakkola ym. 2009, Huuskonen ja Joki-Tokola 2010,

Huuskonen ym. 2017). Pieni kuiva-ainepitoisuus johtui ilmeisesti korjuuajankohdan runsaista sateista. Ohrasäilörehun kuiva-ainepitoisuus (350 g/ kg) noudatteli suomalaisista tutkimuksista saatuja tuloksia (Ahvenjärvi ym. 2006, Jaakkola ym. 2009, Huuskonen ja Joki-Tokola 2010, Kykkänen ym. 2016). Ruisvehnäsäilörehun kuiva-ainepitoisuus (314 g/ kg) oli pienempi kuin Kykkäsen ym. (2016) tutkimuksessa, jossa ruisvehnärehun keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus taikinatu-leentumisasteella oli 413 g/ kg. Kykkäsen tutkimuksen suurempi hehtaarikohtainen kuiva-ainesato kertoo todennäköisesti myöhäisemmästä kasvuasteesta verrattuna vuoden 2017 satoon Ruukissa.

Nurmisäilörehun raakavalkuaispitoisuus (148 g/ kg ka) oli suurempi kuin aiemmissa suomalaisissa kokoviljan ruokintatutkimuksissa, joissa se vaihteli välillä 126 – 139 g/ kg ka (Ahvenjärvi ym. 2006, Jaakkola ym. 2009, Huuskonen ja Joki-Tokola 2010). Virkajärven ym. (2012) kahden niiton kenttäkokeissa raakavalkuaispitoisuus oli 95 – 133 g/ kg ka. Ruisvehnäsäilörehun raakavalkuaispitoisuus (98 g/ kg ka) oli suurempi kuin Kykkäsen ym. (2016) tutkimuksissa, joissa se oli keskimäärin 68 g/ kg ka. Ohrasäilörehun raakavalkuaispitoisuus (99 g/ kg ka) oli samaa tasoa kuin muissakin kokoviljan ruokintatutkimuksissa (Ahvenjärvi ym. 2006, Jaakkola ym. 2009, Huuskonen ja Joki-Tokola 2010, Kykkänen ym. 2016). Sen pitoisuus on taikinatu-leentumisvaiheessa yleisesti tällä tasolla.

Märehtijä saa suuren osan energiastaan pötsissä fermentoidusta kuidusta. Riittävä kuidun saanti on välttämätöntä myös pötsin toiminnan kannalta. Nurmisäilörehun NDF-pitoisuus (559 g/ kg ka) oli pienempi kuin suomalaisissa kokoviljan ruokintatutkimuksissa, joissa se oli välillä 597 – 618 g/ kg ka (Ahvenjärvi ym. 2006, Huuskonen ja Joki-Tokola 2010). Ruisvehnäsäilörehun NDF-pitoisuus (496 g/ kg ka) oli pienempi kuin Kykkäsen ym. (2016) tutkimuksessa, jossa se oli keskimäärin 522 g/ kg ka. Ohrakokoviljasäilörehun NDF-pitoisuus (402 g/ kg ka) oli pienempi kuin suomalaisissa kokoviljan ruokintatutkimuksissa yleensä, joissa se vaihteli välillä 428 – 532 g/ kg ka (Ahvenjärvi ym. 2006, Huuskonen, Jaakkola ym. 2009 ja Joki-Tokola 2010).

iNDF on kuidun sulamaton komponentti, joka kulkeutuu märehtijän ruoansulatuskanavan läpi muuttumattomana. Suuri iNDF-pitoisuus heikentää rehun sulavuutta. Nurmirehun iNDF-pitoisuus (64 g/ kg ka) oli pienempi kuin suomalaisissa

kokoviljan ruokintatutkimuksissa (Ahvenjärvi ym. 2006, Jaakkola ym. 2009), joissa se oli välillä 73 – 97 g/ kg ka ja pienempi kuin Virkajärven kenttätutkimuksissa, joissa se oli välillä 88 – 114 g/ kg ka. Ruisvehnäsäilörehun suuri iNDF-pitoisuus (146 g/ kg ka) on osasyys ruisvehnäkokeen heikompiin teurastuloksiin verrattuna ohrakokeeseen. Ohrakokoviljasäilörehun iNDF-pitoisuus (116 g/ kg ka) oli pienempi kuin Ahvenjärven ym. (2006) ja samalla tasolla kuin Jaakkolan ym. (2009) tutkimuksissa (184 g/ kg ka ja 116 g/ kg ka).

Kokoviljasäilörehujen tähkät sisältävät runsaasti energiapitoista tärkkelystä ja itse asiassa lisäävät väkirehun määrää ruokinnassa. Ruisvehnäsäilörehun tärkkelyspitoisuus (172 g/ kg ka) oli suurempi kuin Khorasanin ym. (1993) tutkimuksessa (78 g/ kg ka), mutta pienempi kuin O’Kielyn (2011) tutkimuksessa, jossa sen pitoisuus oli keskimäärin 211 g/ kg ka. Ohrasäilörehun tärkkelyspitoisuus 308 g/ kg ka oli suurempi kuin useimmissa suomalaisissa kokoviljan ruokintatutkimuksissa, joissa se vaihteli välillä 124 – 242 g/ kg ka (Ahvenjärvi ym. 2006, Jaakkola ym. 2009, Huuskonen ja Joki-Tokolan 2010) ja samaa tasoa kuin Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa. Ruisvehnäsäilörehun ohrakokoviljaa pienempi tärkkelyspitoisuus johtui ilmeisesti kasvuston aikaisemmasta kehitysasteesta ja erilaisesta korsi/ tähkä -suhteesta. Se vähensi eläinten energian ja tärkkelyksen saantia verrattuna ohrakokoviljasäilörehuun.

Kokeen karkearehut säilöttiin laakasiiloihin. Kaikkien karkearehujen pH-arvot olivat alle 4:n, ammoniakkitypen osuus kokonaistypestä pienempi kuin 60 g/ kg N ja VFA:n pitoisuus oli pieni, joten niitä voidaan pitää hyvin säilyneinä (McDonald ym. 1991). Syönti-indeksi eli vapaaehtoisen syönnin arviointiin vaikuttavat karkearehun D-arvo, happojen kokonaispitoisuus, kuiva-ainepitoisuus, sato, NDF-pitoisuus sekä kasvimateriaali (Huhtanen ym. 2007). Kokoviljasäilörehujen syönti-indeksi-arvot olivat suuremmat kuin nurmisäilörehun, mikä johtui mm. niiden suuremmasta kuiva-ainepitoisuudesta.

D-arvo tarkoittaa sulavan orgaanisen aineen osuutta rehun kuiva-aineessa ja siksi se kuvaa parhaiten säilörehun ruokinnallista laatua. Nurmirehun D-arvo (685 g/ kg ka) täytti lihanautojen suositukset (Huuskonen ja Joki-Tokola 2010). Nurmisäilörehun sulavuus oli parempi kuin kokoviljasäilörehujen. Ohrakokoviljan D-arvo (659 g/ kg ka) oli suomalaista keskitasoa (Huuskonen ja Joki-Tokola 2010,

Jaakkola ym. 2009, Kykkänen ym. 2016). Ruisvehnän sulavuus oli tutkimuksen heikoin (622 g/ kg ka), joka oli myös suomalaista keskitasoa.

Nurmirehussa oli eniten muuntokelpoista energiaa (11 MJ ME/ kg ka). Sen määrä oli hieman suurempi kuin suomalaisten tutkimusten keskiarvo (10,6 MJ ME/ kg ka). Ruisvehnässä oli muuntokelpoista energiaa 10 MJ ME/ kg ka. Kykkäsen ym. (2016) tutkimuksessa ruisvehnän ME- arvo oli hieman tätä pienempi (9,4 MJ ME/ kg ka). Ohrakokoviljassa muuntokelpoista energiaa oli 10,5 MJ ME/ kg ka kun suomalaisten tutkimusten keskiarvo oli tasan 10 MJ ME/ kg ka. OIV-arvot olivat hyvin lähellä toisiaan kaikilla karkearehuilla. Nurmirehun pötsin valkuaistase (19) oli suurempi kuin ohrakokoviljarehussa ja ruisvehnäsäilörehussa (-22 ja -17). Tämä vastaa monia suomalaisia alan tutkimuksia.

7.2. Syönti, elopainon kehittyminen ja teurastulokset

Ruisvehnäsäilörehun korvatesa nurmisäilörehua, kuiva-ainesyönti kasvoi lineaarisesti. Kuiva-ainesyönti (9,9 – 10,1 kg ka/ pv) oli samalla tasolla kuin O’Kielyn (2011) ruisvehnän ruokintakokeissa, joissa kuiva-ainesyönti oli 9,6 – 10,3 kg ka/ pv rehuannosten karkearehun osuuden ollessa suurempi kuin tässä kokeessa. Naudat syövät yleensä kokoviljasäilörehuja enemmän kuin nurmisäilörehua (Huhtanen ym. 2006). Lisääntynyt ruisvehnärehun syöntimäärä verrattuna nurmisäilörehuun ei kuitenkaan lisännyt energian saantia heikomman sulavuutensa vuoksi (D-arvot 622 g/ kg ka vs. 685 g/ kg ka). Ruisvehnäsäilörehudieetin päiväkohtaisessa ME:n saannissa ei ollut eroa verrattuna nurmirehuruokintaan. Vaikka tärkkelyksen saanti lisääntyi, sekään ei pystynyt kompensoimaan kevätruisehven nurmisäilörehua heikompa sulavuutta. Ruisvehnäsäilörehun korvatesa nurmirehua raakavalkuaisen saanti pieneni. Khorasanin ym. (1993) tutkimuksessa raportoitiin, että ruisvehnäsäilörehun raakavalkuainen oli hyvin sulavaa, mutta eläimet saivat sitä liian vähän kasvaakseen yhtä hyvin kuin nurmirehulla.

Korvattaessa nurmirehua kevätruisehvenällä eläinten päiväkasvunopeus ei muuttunut, mutta nettokasvu hidastui suuntaa-antavan lineaarisesti ruisvehnäsäilörehun osuuden lisääntyessä. Aikaisempien ulkomaalaisten tutkimusten mukaan

ruisvehnäsäilörehuruokinnoina elopainon kasvu ja nettokasvu ovat olleet pienempiä kuin syötettäessä muita kokoviljasäilörehuja tai maissisäilörehua (ZoBell ym. 1992, McCartney ja Vaage 1994, O'Kiely, 2011). Rehun kuiva-aineen muuntosuhte (kg ka/ kg elo- tai nettopainon lisäystä) heikkeni ja RV:n parani suoraviivaisesti korvattaessa nurmea ruisvehnällä. Myös teurasprosentti ja ruhokohtainen teurastili pienenevät suoraviivaisesti korvattaessa nurmea kevätruusvehnäsäilörehulla. Tuotantotulokset olivat päiväkasvun, nettokasvun, syönnin ja rehun muuntosuhteiden osalta huomattavasti parempia kuin O'Kielyn (2011) härkätutkimuksessa. Hidas lihasten kasvu verrattuna nurmisäilörehuruokintaan johtui suurelta osin riittämättömästä energian saannista sonnien kasvupotentiaaliin nähden.

Kun nurmirehua korvattiin ohrakokoviljalla sonnien kuiva-ainesyönti ja ME:n ja OIV:n saanti lisääntyivät suoraviivaisesti. Nurmisäilörehuruokinnan kuiva-ainesyönti (9,4 kg ka/ pv) oli hieman pienempi ja ohrakokoviljaruokintojen kuiva-ainesyönti (10,4 – 10,7 kg ka/ pv) suurempi kuin Huuskosen ym. (2017) vastaa van lihanautatutkimuksen molemmissa ruokinnoina (9,8 kg ka/ pv). Nurmirehuokinnan energian saanti (111 MJ ME/ pv) oli samalla tasolla kuin Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa (114,4 MJ ME/ pv), mutta ohrakokoviljaruokintojen energian saanti (120 ja 123 MJ ME/ pv) oli huomattavasti suurempi kuin Huuskosen ym. (2017) ohrakokoviljaruokinnassa, jossa se oli 112 MJ ME/ pv. Kasvava muuntokelpoisen energian saanti johtui dieetin suuremmasta tärkkelyksen määrästä ja suuremmasta syöntimäärästä.

Kun nurmisäilörehua korvattiin ohrakokoviljasäilörehulla raakavalkuaisen päiväsaanti väheni suoraviivaisesti. OIV:n saanti kuitenkin lisääntyi suoraviivaisesti, mikä johtui suuremmasta kuiva-ainesyönnistä verrattuna nurmisäilörehuun. Nurmisäilörehuruokinnan raakavalkuaisen päiväsaanti (1356 g/ pv) oli pienempi ja ohrakokoviljaruokintojen raakavalkuaisen saanti (1345 g/ pv ja 1209 g/ pv) suurempi kuin Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa, jossa raakavalkuaisen saanti oli nurmiruokinnassa 1614 g/ pv ja ohrakokoviljaruokinnassa 1115 g/ pv. Suuremman energian ja OIV:n saannin ansiosta sonneilla oli käytettävissä kasvuun enemmän valkuaista ja energiaa kuin nurmirehuokinnassa. Tämä kertoo myös siitä, että ohrakokoviljasäilörehu oli ruokinnallisesti laadukkaampaa kuin Huuskosen ym. (2017) ruokintakokeessa. Vaikka NDF:n saanti väheni suoraviivaisesti

lisättäessä ruokintaan ohrakokoviljasäilörehua, ohraruokinnan suuri tärkkelyksen määrä antoi dieettiin kasvuun tarvittavan riittävän energiamäärän.

Ohrakokoviljasäilörehua saaneet sonnit saavuttivat teuraskypsyyden lyhyemmässä ajassa (468 ja 462 pv) kuin nurmikeuhurehua saaneet (479 pv), mikä merkitsi suurempaa päiväkasvua sekä elopainon että teuraspainon osalta. Ohrakokoviljasäilörehuruokinnan tulokset olivat elopainon ja nettopainon kasvun osalta parempia kuin aiemmissa suomalaisissa ruokintatutkimuksissa (Huuskonen ja Joki-Tokola 2010, Huuskonen ym. 2017). Niissä nurmisäilörehuruokinnalla saavutettiin suurempia päiväkasvuja kuin ohrasäilörehuruokinnalla. Kuiva-aineen (kg/ kg elopainon tai nettopainon lisäystä) ja energian (MJ ME/ kg elopainon tai nettopainon lisäystä) muuntosuhteet olivat heikkommat nurmi-ohraseosta saaneilla kuin muilla koeryhmillä. Ilmeisesti syynä tähän olivat pienempi energian saanti NDF:stä ja tärkkelyksestä. Tämä myös johti muita ryhmiä huonompaan teurastiliin. Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa sekä nurmi- että ohrasäilörehuruokintojen elopainokiloon suhteutetut energian hyötysuhteet olivat näitä heikompia ja ohrakokoviljasäilörehuruokinnalla heikompi kuin nurmirehuruokinnalla. Raakavalkuaisen hyväksikäyttö (g/ kg elopainon tai nettopainon lisäystä) oli ohrakokoviljaruokinnalla muita parempi.

Rasvaisuuspisteet olivat nurmisäilörehuruokinnalla muita ruokintoja pienemmät. Ohraruokintojen ruhojen suurempaan rasvoittumiseen (pisteet 3,2 ja 3,0) verrattuna nurmiruokintaan (pisteet 2,5) saattoi vaikuttaa suurempi energian saanti, joka lisäsi rasvakudoksen määrää. Huuskosen ja Joki-Tokolan (2010) ruokintatutkimuksessa ohrakokoviljaruokinnan rasvaisuuspisteet (2,5) olivat nurmiruokintaa (2,75) pienemmät. Tuloksista voidaan huomata, että ohrakokoviljasäilörehu oli nyt energiapitoisempaa ja paremmin sulavaa kuin aiemmissa suomalaisissa tutkimuksissa, jonka ansiosta saatiin aikaan parempia tuotantotuloksia sekä kasvun että rehun hyväksikäytön osalta.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ruisvehnän korvatesa nurmirehua teuras-% ja ruhokohtainen teurastili pieneni-
vät, kuiva-aineen muuntosuhde heikkeni ja raakavalkuaisen muuntosuhde pa-
rani. Tulokset johtuivat pääosin ruisvehnän huonommasta sulavuudesta ja suu-
remmasta iNDF-pitoisuudesta verrattuna nurmirehuun. Kevätuisvehnän tärkke-
lyspitoisuus oli huomattavasti pienempi kuin ohrakokoviljasäilörehun. Ruisvehnä-
kasvusto oli pidempää, jolloin tähkän osuus jäi ilmeisesti pienemmäksi kuin oh-
rakasvustossa. Ruisvehnä korjattiin myös aikaisemmalla kasvuasteella, jolloin jy-
vät eivät olleet vielä täysin täyttyneet. Ruisvehnäkasvuston korjuu taikinatuleen-
tumisen loppuvaiheessa korkeampaan niittokorkeuteen saisi mahdollisesti ai-
kaan energiapitoisemman sadon. Väkirehun lisääminen voisi olla toinen keino li-
sätä rehuannoksen energia- ja valkuaispitoisuutta ja näin parantaa eläinten kas-
vua. Kannattavuuden kannalta on välttämätöntä laskea näistä syntyvät tuotanto-
kustannukset ja harkita rehustusta laskelmien perusteella.

Kokeella osoitettiin, että kohtuullisesti sulava nurmirehu (D-arvo 685 g/ kg ka)
voidaan korvata laadukkaalla ohrakokoviljalla (D-arvo 659 g/ kg ka) kokonaan
ilman tuotannon negatiivisia muutoksia ja kasvunopeutta saatiin siten jopa paran-
nettua. Tämän saivat pääasiassa aikaan ohrakokoviljasäilörehuruokinnan suu-
remmat kuiva-aineen, ME:n ja OIV:n päiväkohtaiset saannit verrattuna nurmisäi-
lörehuruokintaan. Ohrakokoviljasäilörehun runsas tärkkelyspitoisuus lisäsi sel-
västi rehuannoksen tärkkelyksen saantia suhteessa nurmisäilörehuruokintaan
(4132 g/ pv vs. 1928 g/ pv) ja siten myös ohrasäilörehuruokinnan ME-pitoisuutta.
Vaikka raakavalkuaisen päiväsaanti väheni, OIV:n saanti lisääntyi. Ohrakokovil-
jasäilörehu on jo nyt käytössä sekä lihakarjan että lypsykarjan ruokinnassa Suo-
messä. Tämä tutkimus vahvisti aiemmissä tutkimuksissa saatuja tuloksia. Kuiva-
aineen syönti suhteutettuna nettokasvuun oli suurempi kokoviljoja saaneilla son-
neilla. Se voi lisätä ruokintakustannuksia riippuen karkearehun tuotantokustan-
nuksista.

Kiitokset

Suuret kiitokset tutkimusprofessori Arto Huuskoselle ja yliopistonlehtori Seija Jaakkolalle työn ohjaamisesta.

LÄHTEET

- Ahvenjärvi, S., Joki-Tokola, E., Vanhatalo, A., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 2006. Effects of replacing grass silage with barley silage in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 89: 1678-1687.
- Anon. 1971. Determination of crude oils and fats. *Official Journal of European Community Legislations* 297: 995-997.
- Baron, V. S., Juskiw, P. & Aljarrah, M. 2015. Triticale as a forage. Teoksessa: Eudes F. (toim.). *Triticale*. Springer, Cham. 181-212.
- Hovinen, S. 1995. Ruisvehnän mahdollisuudet. Teoksessa: *Kasvintuotannon mahdollisuuksia*, Jokioinen. Tammela: Hämeen Ammattikorkeakoulu/ Mustialan maatalousoppilaitos. 17–19.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293-323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1: 758-770.
- Huida, L., Väättäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 3: 215-230.
- Huuskonen, A. 2010. Säilörehun laadun merkitys lihanaudan ruokinnassa. *Maataloustieteen Päivät 2010*. Helsinki: Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 26. 7 s.
- Huuskonen, A. 2014. Kehitystä naudanlihantuotantoon: Loppuraportti. MTT raportti 167. 144 s.
- Huuskonen, A. & Joki-Tokola, E. 2010. Performance of growing dairy bulls offered diets based on silages made of whole-crop barley, whole-crop wheat, hairy vetch and grass. *Agricultural and Food Science* 19: 116-126.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2013. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. *Livestock Science* 158: 74-83.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Joki-Tokola, E. 2017. Feed intake and live weight gain of hereford bulls offered diets based on whole-crop barley and whole-crop wheat silages relative to moderately digestible grass silage with or without protein supplementation. *Annals of Animal Science* 17: 1123-1134.

- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T. 2003. Korjuu, säilöntä ja varastointi: säilöntä. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja, Tieto tuottamaan 993: 31-34.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T. 2009. Formic acid treated whole crop barley and wheat silages in dairy cow diets: Effects of crop maturity, proportion in the diet, and level and type of concentrate supplementation. *Agricultural and Food Science* 18: 234-256.
- Joki-Tokola, E. 2003. Viljelytekniikka. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja, Tieto tuottamaan 993: 16-24.
- Khorasani, G. R., Okine, E. K., Kennelly, J. J. & Helm, J. H. 1993. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 76: 3536-46.
- Kykkänen, S., Huuskonen, A., Hyrkäs, M., Suomela, R., Saarinen, E. & Virkajärvi, P. 2016. Eri viljalajikkeiden satoisuus ja rehuarvo kokoviljasäilörehuksi korjattuna. Maataloustieteen Päivät 2016. Helsinki: Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 33. 7 s.
- Luke. 2018. References for analytical methods used in the production systems laboratory Jokioinen / Luke Accredited Testing Laboratory T024.
- Luke 2019. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Luonnonvarakeskus. [viitattu 1.6.2019]. Saatavissa: <http://www.luke.fi/rehutaulukot>.
- McCartney, D. H. & Vaage, A.S. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticales silages. *Canadian Journal of Animal Science* 74: 91-96.
- McDonald, P., Henderson, A. R. & Heron, S. J. E. 1991. The biochemistry of silage. 2. painos. Chalcombe publications. Aberystwyth, UK: Cambrian Printers Ltd. 340 s.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1989. A titration method for silage assessment. *Animal Feed Science and Technology* 22: 341–353.
- Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M. & Huhtanen, P. 2003. Prediction of the digestibility of the primary growth of grass silages harvested at different stages of maturity from chemical composition and pepsin-cellulase solubility. *Animal Feed Science and Technology* 103: 97-111.

- Oelke, E.A., Oplinger, E.S. & Brinkman, M.A. 1989. Triticale. Field crops manual. Department of Agronomy and Plant Genetics, University of Minnesota, St. Paul. <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/triticales.html>. Tulostettu 26.10.2019.
- O'Kiely, P. 2011. Intake, growth and feed conversion efficiency of finishing beef cattle offered diets based on triticale, maize or grass silages, or ad libitum concentrate. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 50: 189-207.
- Petr, J. & Hradecka, D. 1990. The development and structure of the assimilation apparatus in triticale. *Rostlinna Vyroba - UVTIZ* 9: 927-936.
- Ruokavirasto. 2019. Naudanruhojen EUROP-luokitusasteikko. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/teurastus/teurastamot/teurasruhojen-luokitus/>. Tulostettu 31.8.2019.
- Salo, M.-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Agricultural and Food Science* 40: 38-45.
- Schneider, S., Vogel, R. & Vyss, U. 1991. Die eignung von triticales zur bereitung von ganzpflanzensilage. *Landwirtschaft Schweiz* 4: 407–411.
- Somogyi, M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. *Journal of Biological Chemistry* 160: 61-68.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Pakarinen, K. & Rinne, M. 2012. Timotein ja ruokonadan erot sadontuotto-prosessissa. *MTT raportti* 56: 26-27.
- Zadoks, J.-C., Chang, T.-T. & Konzak, C.-F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.
- ZoBell, D. R., Goonewardene, L. A. & Engstrom, D.F. 1992. Use of triticale silage in diets for growing steers. *Canadian Journal of Animal Science* 72: 181-184.